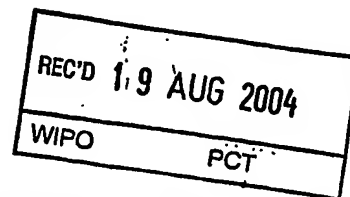


30. 7. 2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年 1 1 月 2 5 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 3 9 4 8 1 6  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 3 9 4 8 1 6 ]

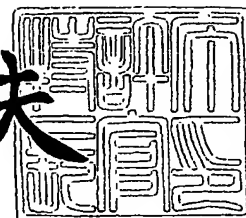
出 願 人            京セラ株式会社  
Applicant(s):

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

2 0 0 4 年    4 月 3 0 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 0000331321  
【提出日】 平成15年11月25日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G02B 6/36  
【発明者】  
    【住所又は居所】 鹿児島県国分市山下町 1 番 4 号 京セラ株式会社総合研究所内  
    【氏名】 田中 政博  
【発明者】  
    【住所又は居所】 北海道北見市豊地 3 0 番地 京セラ株式会社北海道北見工場内  
    【氏名】 小林 善宏  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000006633  
    【住所又は居所】 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地  
    【氏名又は名称】 京セラ株式会社  
    【代表者】 西口 泰夫  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 005337  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

長手方向に貫通孔を有するフェルールとそれに挿入された光ファイバから成る単一プラグの軸ずれの分布データと、フェルールの外径の分布データから、単一プラグの軸ずれの方向を揃える手法であるチューニングを行なった場合の接続状態での軸ずれ量の  $n$  次モーメント ( $n$  次積率) を計算し、そこから接続損失の  $n$  次モーメントを計算することを特徴とする光コネクタの接続損失計算方法。

**【請求項 2】**

接続損失の 1 次モーメントから平均値を、同 1 次モーメントと 2 次モーメントから標準偏差／分散を計算することを特徴とする請求項 1 に記載の光コネクタの接続損失計算方法。

**【請求項 3】**

割スリーブの寸法パラメータもしくは角度パラメータの分布データ、または割スリーブの接続損失値の分布データを組み合わせることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光コネクタの接続損失計算方法。

**【請求項 4】**

フェルールの内径と光ファイバ外径から生じる隙間と、フェルールの外周部と貫通孔との同芯度と、光ファイバのコアとクラッドとの同芯度から上記軸ずれ量を求めることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の光コネクタの接続損失計算方法。

**【請求項 5】**

フェルール貫通孔の外周部に対する長手方向の傾きから角度ずれ量を求めることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の光コネクタの接続損失計算方法。

**【請求項 6】**

フェルールの角度ずれ量の  $n$  次モーメント 2 個を合成することで算出したペア化した角度ずれ量の  $n$  次モーメントから接続損失の  $n$  次モーメントを計算することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の光コネクタの接続損失計算方法。

**【請求項 7】**

ペア化した軸ずれから算出した接続損失値と、ペア化した角度ずれから算出した接続損失値と、割スリーブの接続損失値を合計して総合接続損失値とすることにより、接続損失値の  $n$  次モーメントを計算することを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の光コネクタの接続損失計算方法。

**【請求項 8】**

請求項 1 ～ 7 の光コネクタの接続損失計算方法のいずれかを用いたことを特徴とする光コネクタの接続損失計算シミュレータ。

## 【書類名】 明細書

【発明の名称】 光コネクタの接続損失計算方法及びそれを用いたシミュレータ

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、光通信に用いられる光コネクタの接続損失値の分布データをシミュレーションにより推定する方法及びその方法を用いたシミュレータに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、通信における情報量の増大に伴い、光ファイバを用いた光通信が使用されている。この光通信において、光ファイバ同士の接続には光コネクタが用いられている。

## 【0003】

該光コネクタに用いられるプラグ10は、図6及び図7に示すように円筒形のフェルール1に光ファイバ保護具2が予め固定されており、フェルール1に形成された貫通孔1aに被覆を除去した光ファイバ3の先端部分を挿入し、接着剤4により保持固定し、一对のフェルール1を割スリーブ5の両端から挿入して、該割スリーブ5の内部で凸球面状に研磨加工した先端面1b同士を当接させるようにした構造となっている。

## 【0004】

上記光コネクタでは、低損失でかつ低反射の光接続を保障するため、光コネクタの組立後、光学特性の測定が行われる。測定項目としては、光コネクタの接続部での光の透過率を示す接続損失と、光の反射率を示す反射減衰量とがあり、現在はこれらの接続損失と反射減衰量とを人手により個別に測定している。

## 【0005】

図8(a)及び(b)は光コネクタのランダム接続損失の測定法を説明する図である。この図において、LD光源11、リファレンス光コード12、光コネクタ12a、リファレンス光コネクタ12b、アダプタ13、被測定用である両端に光コネクタ付きの光コード14、測定対象である光コネクタ14a、終端側の光コネクタ14b、受光ユニット15、パワーメータ16から構成されている。

## 【0006】

ここでリファレンス光コネクタ12bとは、測定対象である光コネクタ14a、14bと同一の仕様の光コネクタであり、通常は製造上の被測定用光コネクタと同一ロットからランダムに抽出されたものを用いる。

## 【0007】

まず、光コネクタの接続損失の測定に先立ち、図8(a)に示す測定系において、接続損失の基準設定を行う。リファレンス光コード12の一端の光コネクタ12aをLD光源11に接続し、リファレンス光コネクタ12bを受光ユニット15に接続する。リファレンス光コネクタ12bからの出射光は、空気層を介して受光ユニット15により受光される。このリファレンス光コネクタ12bから出射パワー $P_0$ をパワーメータ16により読み取り、この値を接続損失測定における基準値（接続損失を0dB）と規定する。

## 【0008】

次に、測定対象である光コネクタ14aの接続損失を測定するため、リファレンス光コネクタ12bを受光ユニット15から取外した後、図8(b)に示すように、アダプタ13を介して被測定用の光コード14と接続し、光コネクタ14bからの出射光は、基準値測定の時と同様に、空気層を介して受光ユニット15により受光される。この時の出射パワー $P_1$ をパワーメータ16により測定する（特許文献1参照）。

## 【0009】

光コネクタの接続部での接続損失 $I_L$ は、前記出射パワー $P_0$ 、前記出射パワー $P_1$ 、光ファイバの伝送損失 $\alpha$  (dB/Km)、光コネクタの端面での反射損失 $\beta$ を用いて次式で表される。

【数 1】

$$IL(dB) = -10 \log \frac{P1}{P0} - \alpha - \beta$$

【0010】

ここで、光コネクタの端面での反射は、通常 0.01% 以下であり、反射損失  $\beta$  は測定器の分解能以下となるため考えなくてもよい。また、シングルモード光ファイバの場合は、伝送損失  $\alpha$  は 0.35 dB/Km 以下である。従って、測定対象とする光コードの長さが 30 m 以下の場合は、伝送損失  $\alpha$  は測定器の分解能にほぼ等しい 0.01 dB 程度となるため無視して差し支えなく、30 m 以上の場合も光ファイバの伝送損失 ( $\alpha/m$ ) を予め測定もしくは計算しておけば、いずれの場合も数 1 より光コネクタの接続損失  $IL$  を簡単に求めることができる。

【0011】

光コネクタにおける接続損失の要因としては、光ファイバのコア相互の軸ずれ、光ファイバ相互の角度ずれ、光コネクタ間の端面間隙、光ファイバ相互の構造不一致等があるが、通常の単一モード光コネクタでは、光ファイバのコア間の軸ずれ（以下、「軸ずれ」と称する）が主要因である。

【0012】

軸ずれの主要因は、フェルルール 1 の貫通孔 1a の加工精度である。しかし、通常の単一モード光コネクタで要求される偏心量が約 0.7  $\mu$ m 以下の領域では、貫通孔 1a の偏心測定値と実際の接続損失値との間には殆ど相関は認められない。これは、光ファイバのコアの偏心と貫通孔 1a の偏心とは必ずしも一致しないためである。即ち、光コネクタの貫通孔 1a と、該貫通孔 1a に挿入される光ファイバとの間には約 1  $\mu$ m 程度のクリアランスが必要であり、更に、光ファイバ自身も外径中心に対してコアが僅かに偏心しているため、貫通孔 1a に偏心がない場合であっても、軸ずれが生ずることがある。

【0013】

ここで、光コネクタにおいて光ファイバ 3 のコアのフェルルール 1 の外周面の中心に対する偏心量を測定することにより、単一モード光ファイバの光コネクタ接続において、光ファイバ間の軸ずれ  $d$  による挿入損失  $IL$  (dB) は次式で与えられる。

【数 2】

$$IL_{\Delta}(dB) = -10 \log [e^{-(d/w)^2}]$$

【0014】

ここで、 $w$  は光ファイバのモードフィールド半径である。この式を展開すると次式となる。

【数 3】

$$IL_{\Delta}(dB) = 4.34 \frac{d^2}{w^2}$$

【0015】

ここで、 $w = 4.7 \mu$ m と仮定すると、光ファイバ間の軸ずれ  $d$  による挿入損失  $IL_{\Delta}$  (dB) は、軸ずれ  $d$  が 0.5  $\mu$ m の場合には約 0.05 dB、1  $\mu$ m で約 0.20 dB、2  $\mu$ m で約 0.79 dB になる。したがって、光ファイバ間の軸ずれが大きくなるにしたい、接続損失の変化量が增大する。

【0016】

軸ずれによる接続損失の増大を抑える方法として、チューニングという接続方法がある。すべてのプラグに対して、あらかじめ一本のマスタと呼ばれるプラグとの接続試験を行ない、プラグを軸の周りに 90 度毎に回転して 4 方向の内で最も接続損失が小さくなる方

向を見つけ、プラグのその方向に印をつける。そして、実際の接続の際には、その印同士が一致するように接続をする。このことにより、接続される 2 本のプラグの軸ずれの方向は同じ 90 度範囲に含まれることになる。これにより、軸ずれがある程度相殺されることになり、接続損失の増大を抑制できる。一般的なチューニングは同じ 90 度範囲に入れることを目的としたものであり、4 方向の内から 1 方向を選ぶので、ここではそれを 4 回チューニングと呼ぶことにする。よって、 $m$  を自然数として一般的に  $(360/m)$  度範囲に軸ずれを限定するチューニングを  $m$  回チューニングと呼ぶことにする。

#### 【0017】

次に、光ファイバ相互の角度ずれ（以下、「角度ずれ」と称する）の主要因はフェルールの貫通孔 1a の外周面 1c に対する角度ずれである。ここで、光コネクタにおいて、光ファイバ 3 の出射角の外周面 1c に対する角度ずれを  $\theta$  とすると、挿入損失  $IL_{\theta}$  (dB) は次式で表される。

#### 【数 4】

$$IL_{\theta}(dB) = -10 \log [e^{-(\pi n \theta w / \lambda)^2}]$$

#### 【0018】

ここで、 $n$  は光ファイバの屈折率であり、 $\lambda$  は真空中の光の波長を表す。ここで、 $\lambda$  に光ファイバの一般的な屈折率 1.46 を代入し展開すると次式となる。

#### 【数 5】

$$IL_{\theta}(dB) = 91.4 \frac{\theta^2 w^2}{\lambda^2}$$

#### 【0019】

ここで、光ファイバ間の角度ずれ  $\theta$  による挿入損失  $IL_{\theta}$  (dB) は、角度ずれ  $\theta$  が 0.2° の場合には約 0.014 dB、0.5° の場合には約 0.089 dB となり、角度ずれ  $\theta$  が大きくなるにしたがい、接続損失の変化量が増大する。しかし、軸ずれ  $d$  に対する接続損失に比べて影響が少ない。

#### 【0020】

上記数 1 及び数 2 より図 9 に示すように、軸ずれと角度ずれと接続損失を示したグラフが簡易的に用いられ、個別の光コネクタの角度ずれ及び軸ずれから大まかな接続損失を推定していた（非特許文献 1 参照）。

【特許文献 1】特許 3323919 号公報（段落 0003～0008）

【非特許文献 1】研究実用化報告第 32 巻第 3 号（1983）P675、「単一モードファイバ用光回路」3.1 項

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0021】

ところが、従来の接続損失を推定する方式では、軸ずれはフェルールの偏心量、フェルールの貫通孔 1a と光ファイバの外径差及び光ファイバのコアの同芯度等が複雑に絡み合うために、光ファイバをフェルールに接着固定した後の光ファイバのコアの位置が外周面の中心に対して、どれだけ偏心しているかを測定しなければならず、また、角度ずれについても同様に光ファイバをフェルールに接着固定した後の光ファイバの長手方向の角度が外周面に対して、どれだけ傾いているのかを、光を光ファイバの先端から出射させて出射角を測定してからでないと、接続損失を推定できなかった。

#### 【0022】

つまり、全てサンプルを実際に製造してそれから、測定しなければならなかったので、サンプル作成上及び軸ずれ、角度ずれの測定上多大な工数を要した。

#### 【0023】

また、実際にサンプルを作成するのであれば、出射角や軸ずれを一々測定しなくとも、直接接続損失を測定すれば実測値を得ることが出来たが、いずれにしても接続損失を測定するために多大な工数を要した。

【0024】

更には、従来の方法で測定した軸ずれおよび角度ずれは、光ファイバ及びフェルールの寸法パラメータが複雑に絡み合っているために、どのパラメータがどのように接続損失に影響を与えているかを類推することは困難であった。

【課題を解決するための手段】

【0025】

そこで本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、長手方向に貫通孔を有するフェルールとそれに挿入された光ファイバから成る単一プラグの軸ずれの分布データと、フェールの外径の分布データから、単一プラグの軸ずれの方向を揃える手法であるチューニングを行なった場合の接続状態での軸ずれ量の $n$ 次モーメント( $n$ 次積率)を計算し、そこから接続損失の $n$ 次モーメントを計算することを特徴とする光コネクタの接続損失計算方法。

【0026】

即ち本発明は、接続損失の1次モーメントから平均値を、同1次モーメントと2次モーメントから標準偏差/分散を計算することを特徴とする。

【0027】

更には、割スリーブの寸法パラメータもしくは角度パラメータの分布データ、または、割スリーブの接続損失値の分布データを組み合わせることを特徴とする。

【0028】

また、フェールの内径と光ファイバ外径から生じる隙間と、フェールの外周部と貫通孔との同芯度と、光ファイバのコアとクラッドとの同芯度から上記軸ずれ量を求めることを特徴とする。

【0029】

また、フェール貫通孔の外周部に対する長手方向の傾きから上記角度ずれ量を求めることを特徴とする。

【0030】

さらに、フェールの角度ずれ量の $n$ 次モーメント2個を合成することで算出したペア化した角度ずれ量の $n$ 次モーメントから接続損失の $n$ 次モーメントを計算することを特徴とする

また、ペア化した軸ずれから算出した接続損失値と、ペア化した角度ずれから算出した接続損失値と、割スリーブの接続損失値を合計することにより総合接続損失値とすることにより、接続損失値の $n$ 次モーメントを計算することを特徴とする。

【0031】

そして、光コネクタの接続損失計算シミュレータにおいて、上記光コネクタの接続損失計算方法の少なくともいずれかを用いたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0032】

以上のように本発明によれば、長手方向に貫通孔を有するフェルールとそれに挿入された光ファイバから成る単一プラグの軸ずれの分布データと、フェールの外径の分布データから、単一プラグの軸ずれの方向を揃える手法であるチューニングを行なった場合の接続状態での軸ずれ量の $n$ 次モーメントを計算し、そこから接続損失の $n$ 次モーメント計算することにより、多大な工数と経費を要しないで容易に接続損失分布の推定が出来る。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

以下本発明の実施形態を説明する。

【0034】

本発明は、長手方向に貫通孔を有するフェルールとそれに挿入された光ファイバから成

る単一プラグの軸ずれの分布データと、フェルールの外径の分布データから、単一プラグの軸ずれの方向を揃える手法であるチューニングを行なった場合の接続状態での軸ずれ量の  $n$  次モーメント ( $n$  次積率) を計算し、そこから接続損失の  $n$  次モーメントを計算することを特徴とする。単一プラグの軸ずれ分布データは、フェルールの内径と光ファイバ外径から生ずる隙間の分布と、フェール外周部と貫通孔との同芯度の分布と、光ファイバのコアとクラッドとの同芯度の分布からもとめる。

【0035】

離散確率変数  $x(i)$  の  $n$  次モーメントは、その確率分布  $P(i)$  を用いて次の式で表される。

【数6】

$$\sum_i P(i)x(i)^n$$

【0036】

1 次モーメントは、次の式であらわされるように平均値である。

【数7】

$$\sum_i P(i)x(i)$$

【0037】

また、2 次モーメントと 1 次モーメントを利用して、次の式のように分散を表すことができる。

【数8】

$$\sum_i P(i)x(i)^2 - \left\{ \sum_i P(i)x(i) \right\}^2$$

【0038】

このように、 $n$  次モーメントを用いれば確率分布の平均値や分散を計算できる。具体的には、接続損失の平均値を求めるには接続損失の 1 次モーメント、分散を求めるには接続損失の 1 次モーメント及び 2 次モーメントが必要である。一方、接続損失自体は軸ずれ量や角度ずれ量の 2 乗に比例する。よって、接続損失の平均値を求めるには、それらずれ量の 1 次モーメント及び 2 次モーメントが必要であり、分散を求めるにはずれ量の 1～4 次モーメントが必要である。

【0039】

本発明の一例として、接続損失値の  $n$  次モーメントをシミュレーションする方法について図 1 に示す。

【0040】

フェルールの内径と光ファイバ外径から生じる隙間と、フェルールの外周部と貫通孔との同芯度と、光ファイバのコアとクラッドとの同芯度から単一プラグの軸ずれ分布を求める。そして、単一プラグの軸ずれの  $n$  次モーメント 2 個及びフェルールの外径差の  $n$  次モーメントから、チューニングしてペア化された軸ずれの  $n$  次モーメントを計算する。

【0041】

図 2 (a) は貫通孔 1 a を有するフェール 1 に光ファイバ保護具 2 が固定されており、光ファイバ 3 を光ファイバ保護具 2 の開口部から挿入固定してプラグ 10 が形成される。軸ずれはフェール先端面 1 b での外周部 1 c の中心からの位置のずれを意味するので、A 視した図を図 2 (b) に示す。

【0042】

ここで、外周部 1 C の中心を  $O_1$  とする。フェルールの貫通孔の中心を  $O_2$  とすると、 $O_2$  の位置ずれが同芯度の半値となる。次に、光ファイバの中心位置が  $O_3$  であり、 $O_2$  と  $O_3$  の距離はフェール内径から光ファイバ外径を引いた値の半値となる。更に、光フ



ファイバコアの中心位置は $O_4$  となり、 $O_3$  と  $O_4$  の距離は光ファイバコアの同芯度の半値となる。最終的に  $O_1$  と  $O_4$  の距離がフェルール外周部 1 c に対する総軸ずれ  $d_T$  となる。

#### 【0043】

この様に、各パラメータにおける単一の軸ずれは軸ずれしている方向がランダムなので、各パラメータにおける軸ずれが大きければ総軸ずれが大きくなるとは限らない。

#### 【0044】

以上により、単一プラグの軸ずれを求めたが、光コネクタとしては一對2個のプラグを当接させた条件で計算する必要がある、図3を用いてチューニングしてペア化した軸ずれの計算方法について説明する。

#### 【0045】

図3 (a) はフェルール1 にフェルール1' が当接した状態を示しており、割スリーブ5によって先端面1 b と1 b' が接触している。

#### 【0046】

ここで図3 (b) に示すように、割スリーブ5のスリット5 a の対向部5 b の内周面がフェルール1 とフェルール1' の位置基準点となり、大径のフェルール1' がスリット5 a の方向へ位置ずれを生じることとなる。小径フェルール1 の外周部の中心 $O_1$  に対する総軸ずれの中心を $O_4$  とし、大径フェルール1' の外周部の中心 $O_1'$  に対する総軸ずれの中心を $O_4$  としたときに、 $O_1$  と  $O_1'$  の距離  $d_S$  がスリット5 a の方向へ位置ずれを生じる。ここで $O_1$  と  $O_1'$  の距離  $d_S$  は大径フェルール1' の外径と小径フェルール1 の外径との差の半値である。

#### 【0047】

従って、チューニングしてペア化した最終的な軸ずれの中心は $O_5$  となり $O_4$  と  $O_5$  との距離  $d_P$  がペア化した軸ずれとなる。このとき、チューニングの効果として線分 $O_1$ 、 $O_4$  と  $O_1'$ 、 $O_4'$  の成す角は90度以内であり、この結果として $d_P$  が小さく留まっている。

#### 【0048】

次に、角度ずれであるが、これも上記同様に単一フェルールの角度ずれの分布データから、ペア化した角度ずれの  $n$  次モーメントを計算する。

#### 【0049】

図4 (a) はフェルール1、1' が割スリーブ5内部で先端面1 b、1 b' にて当接している状態の断面図であり、貫通孔1 a、1 a' は断面上 $\theta^\circ$ 、 $\theta'^\circ$  傾いている。しかしながら、接触面内の角度方向に $\phi$ 、 $\phi'$  傾斜していることも考慮に入れる必要があり、最終的にフェルール1の角度ずれのベクトル  $r$  とフェルール1' のベクトル  $r'$  との相対的な角度がペア化した角度ずれとなる。

#### 【0050】

ここで、2個の寸法パラメータの  $n$  次モーメントを、その2個の寸法パラメータのなす角を考慮して合成する方法について説明する。

#### 【0051】

図5は寸法パラメータ1のベクトルと寸法パラメータ2のベクトルが合成されて寸法パラメータ3のベクトルが生成されるということを示している。ベクトルの向きに関しては通常用いられる4回チューニングでは、同じ90度の範囲に一様分布している。寸法パラメータ3の大きさは、三角関数の余弦定理を使えば寸法パラメータ1、2、なす角 ( $\theta_2 - \theta_1$ ) で表される。よって、寸法パラメータ3の  $n$  次モーメントも、寸法パラメータ1、2、角  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  とその確率分布を用いて表すことができる。これを角  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  で積分してしまえば、寸法パラメータ3の  $n$  次モーメントは、寸法パラメータ1と2の  $n$  次モーメントのみで表される。

#### 【0052】

2個の角度パラメータの  $n$  次モーメントを、その2個の角度パラメータのなす角を考慮して合成する場合にもこの方法を用いる。

## 【0053】

以上によりペア化した軸ずれの  $n$  次モーメントとペア化した角度ずれの  $n$  次モーメントを算出することができた。

## 【0054】

次に図1に戻り説明するが、チューニングしてペア化した軸ずれの  $n$  次モーメントから数3より軸ずれによる接続損失値の  $n$  次モーメントを求める。更にはペア化した角度ずれの  $n$  次モーメントから数5より角度ずれによる接続損失値の  $n$  次モーメントを求める。

## 【0055】

以上の軸ずれによる接続損失値の  $n$  次モーメントと角度ずれによる接続損失値の  $n$  次モーメントと、割スリーブの接続損失の  $n$  次モーメントを合計して総合接続損失の  $n$  次モーメントが算出できる。与えられたデータが、割スリーブの接続損失分布ではなく寸法または角度パラメータの分布である場合には、数3または数5を用いて接続損失分布に変換してから、その  $n$  次モーメントを求める。具体的に次のようにする。例として1次モーメント、すなわち平均値の場合に関して解説する。異なる要因を含んだ接続損失は、それら一つ一つが十分に低損失な場合、個々の要因による接続損失を足し合わせるだけでよい。よって、総合接続損失は、軸ずれによる接続損失と角度ずれによる接続損失と割スリーブの接続損失の和であるといえる。このことは、軸ずれによる接続損失を  $IL_{\Delta}$  ; 角度ずれによる接続損失を  $IL_{\theta}$  ; 割スリーブの接続損失を  $IL_{sl}$  ; 総合接続損失を  $IL$  とすると、次の式で表される。

## 【数9】

$$IL(n) = IL_{\Delta}(i) + IL_{\theta}(j) + IL_{sl}(k)$$

## 【0056】

但し、接続損失はいずれも非負である。また、それらの1次モーメント、すなわち平均値をそれぞれ、 $\langle IL_{\Delta} \rangle$  ;  $\langle IL_{\theta} \rangle$  ;  $\langle IL_{sl} \rangle$  ;  $\langle IL \rangle$  と表す。軸ずれ、角度ずれ、割スリーブの接続損失は独立なので、総合接続損失の1次モーメント、すなわち平均値は次の式で表される。

## 【数10】

$$\langle IL \rangle = \langle IL_{\Delta} \rangle + \langle IL_{\theta} \rangle + \langle IL_{sl} \rangle$$

## 【0057】

本発明で使用する寸法パラメータのデータ数は少なくとも10個のデータがあることが望ましく、特に望ましくは100個以上のデータがあることがよい。これは、データ数が多ければ多いほど、寸法パラメータのヒストグラムを滑らかな確率分布とすることができからである。

## 【0058】

また、寸法パラメータのデータ刻みは  $0.1 \mu m$  以下であることが望ましく、特に望ましくは  $0.05 \mu m$  以下であることがよい。これは、データ刻みが小さければ小さいほど、高精度の  $n$  次モーメントを計算できるからである。

## 【0059】

なお、以上の実施形態では軸ずれ量と角度ずれ量の両方を用いて接続損失を計算したが、例えば軸ずれ量に比べて角度ずれ量が非常に小さい場合は軸ずれ量のみで接続損失を計算することも可能であり、その逆の場合は角度ずれ量のみで計算することも可能である。

## 【0060】

光コネクタの接続損失を小さくするために、軸ずれの方向をある一定方向に合わせこむ、調芯技術が導入されているが、本発明の光コネクタの接続損失計算方法を用いることも可能である。

## 【0061】

本発明では、上記光コネクタの接続損失計算方法を用いてシミュレーションソフトウェア

アとすることが特徴である。

【0062】

前記、パーソナルコンピュータの総合型表計算ソフト「Excel」で作成する方法が、簡便、低価格でしかももっとも一般的に使い慣れた方法であるために特に望ましいが、Basic、Fortran、C言語等を用いて作成することでも、同様に本発明の効果を奏することができる。

【0063】

本発明の光コネクタの接続損失計算方法及びそれを用いたシミュレータは、シングルモード光ファイバで説明してきたが、マルチモード用光ファイバにも適用することができる。

【実施例】

【0064】

以下本発明の実施例を説明する。

【0065】

図1に示す本発明の光コネクタの接続損失計算シミュレータを用いて、フェルール内径を $\phi 125.2 \sim 125.7 \mu\text{m}$ 、同芯度を $0 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 、外径を $\phi 2.4989 \sim 2.4992 \text{mm}$ 、角度ずれを $0.02 \sim 0.14^\circ$ 、光ファイバの同芯度を $0 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 、外径を $124.8 \sim 125.3 \mu\text{m}$ の分布データとしてシミュレーションした。図10(a)はその寸法データから求めた単一プラグの軸ずれ分布とフェルール外径差分布を示したものである。ここでフェルール外半径差分布は、2プラグをペア化した際に現われるフェルール外半径の差を分布にしたものであり、フェルールの外径分布から求まる。以上より、接続損失値の平均値と標準偏差は図10(b)のようになった。

【0066】

次に比較として、別シミュレータの結果は、接続損失の平均値がチューニングなしの場合で $0.07 \text{dB}$ となった。一方無限回チューニングの場合は、ペア化されるプラグの軸ずれの方向が同じであるので $0.01 \text{dB}$ となった。

【0067】

以上より、本発明のフェルールおよび光ファイバの寸法パラメータの分布データから求まるそれぞれの軸ずれ量、ならびにフェルールの角度パラメータの分布データから求まる角度ずれ量を、光ファイバおよびフェルールの軸方向に垂直な面内のベクトル量として総和を計算することで、接続状態での軸ずれ量ならびに角度ずれ量の $n$ 次モーメントを計算し、そこから接続損失の $n$ 次モーメントを計算する方法は、別シミュレータによる方法とほぼ同等の値が得られることが確認できた。

【0068】

なお、所要時間は、本発明はデータ入力を含めて数十分であったのに対して、比較例の実測する方法では、サンプル作成、測定、データまとめ含めて数十時間かかり、本発明では多大な工数と経費を要しないで容易に接続損失の分布データを得ることが出来た。

【図面の簡単な説明】

【0069】

【図1】 本発明の接続損失計算シミュレータの流れを示すフローチャートである。

【図2】 (a) 及び (b) は本発明の単一プラグの軸ずれを説明する図である。

【図3】 (a) 及び (b) は本発明の4回チューニングしてペア化した軸ずれを説明する図である。

【図4】 (a) 及び (b) は本発明のペア化した角度ずれを説明する図である。

【図5】 4回チューニングの場合に関して、寸法パラメータの $n$ 次モーメントを合成する方法を説明する図である。

【図6】 一般的なプラグを示す断面図である。

【図7】 一般的な光コネクタを示す断面図である。

【図8】 光コネクタの接続損失の測定方法を示す図である。

【図9】 軸ずれと角度ずれと接続損失を表す線図である。

【図10】 (a) は単一プラグの軸ずれ分布とフェルール外径差分布であり、(b) はチューニングの回数と接続損失の平均値および標準偏差の関係を図示したものである。

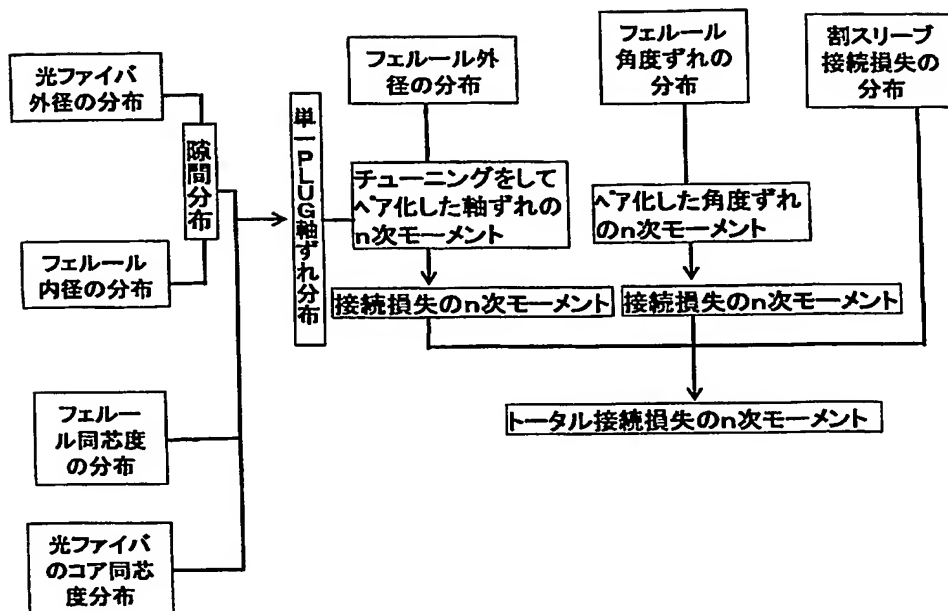
【符号の説明】

【0070】

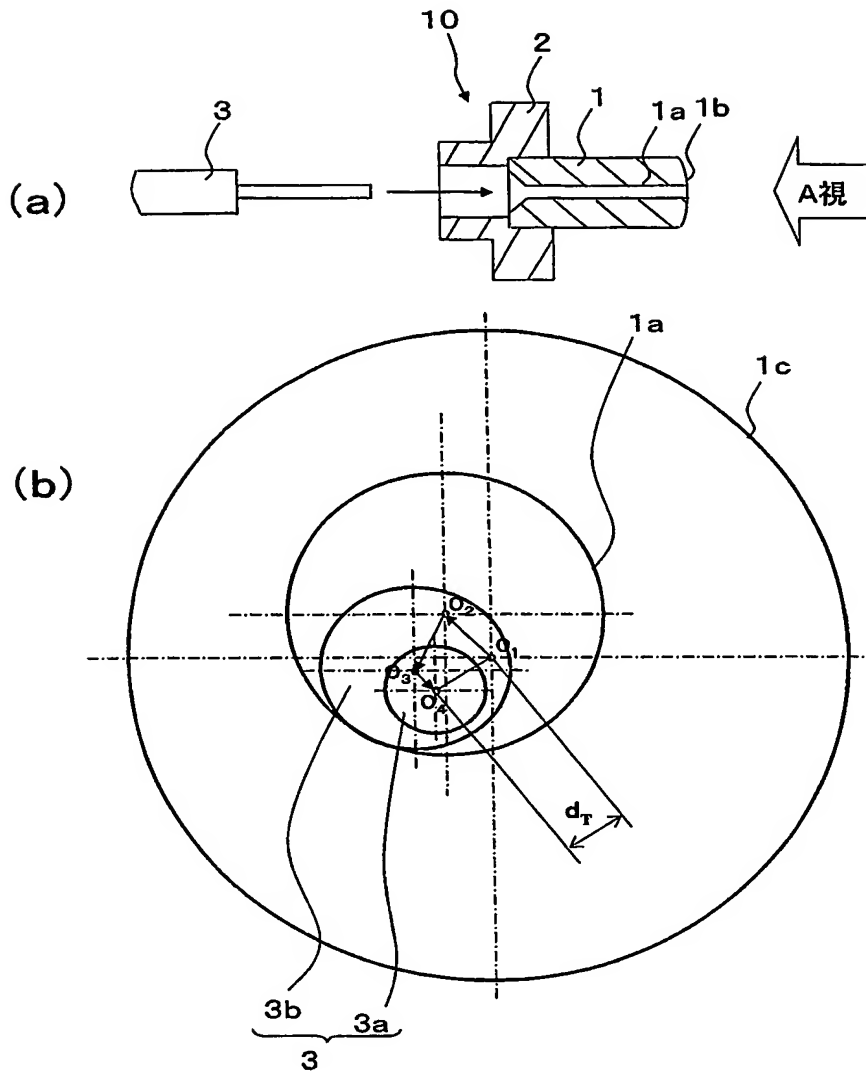
- 1 : フェルール
- 1' : フェルール
- 1a : 貫通孔
- 1b : 先端面
- 1c : 外周部
- 1d : 先端面
- 1e : 面取部
- 2 : ファイバ保護具
- 3 : 光ファイバ
- 3a : コア
- 3b : クラッド
- 4 : 接着剤
- 5 : 割スリーブ
- 10 : プラグ
- 11 : LD光源
- 12 : リファレンス光コード
- 12a : 光コネクタ
- 12b : 光コネクタ
- 13 : アダプタ
- 14 : 被測定用光コード
- 14a : 光コネクタ
- 14b : 光コネクタ
- 15 : 受光ユニット
- 16 : パワーメータ
- IL : 接続損失

【書類名】 図面

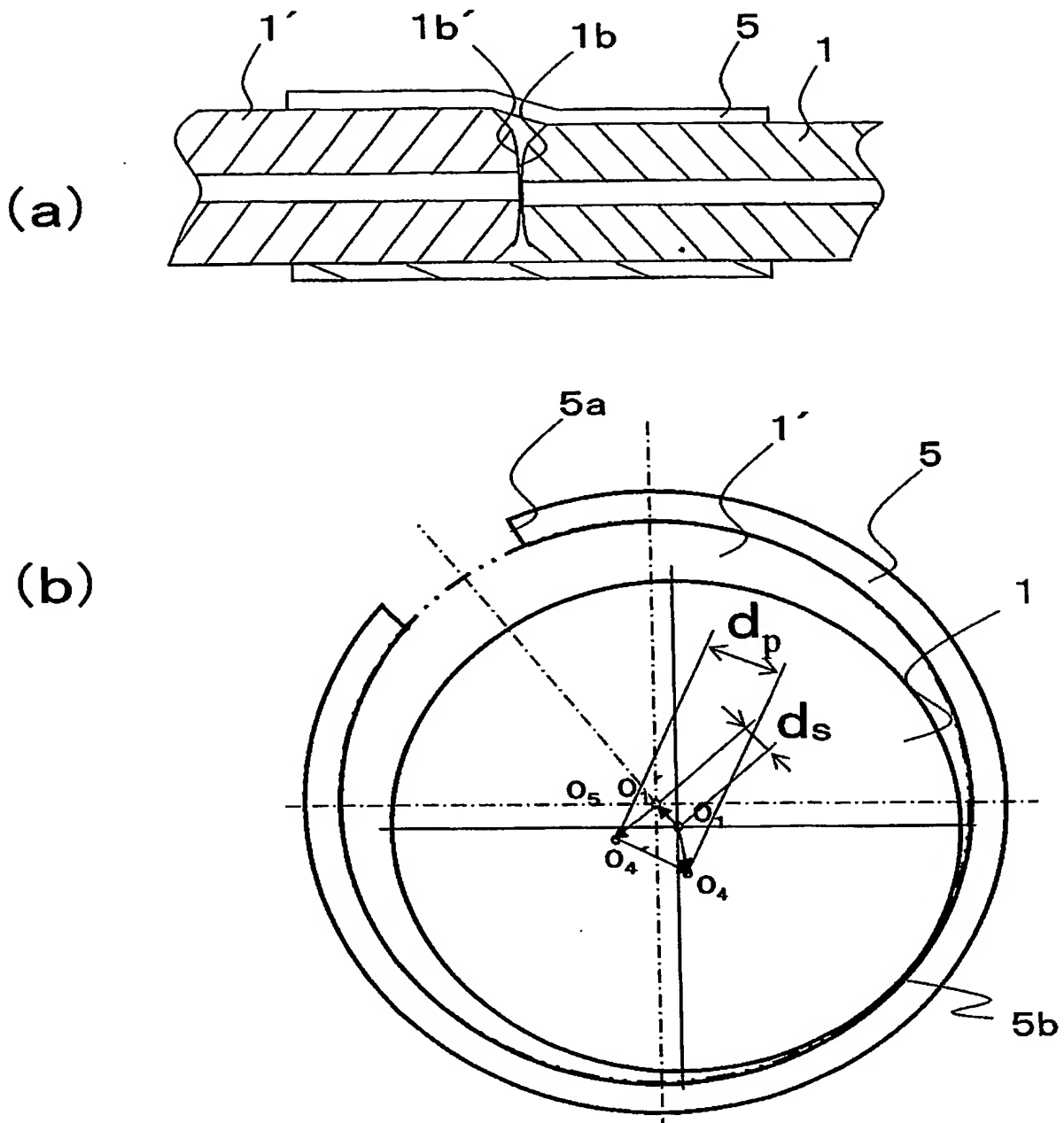
【図 1】



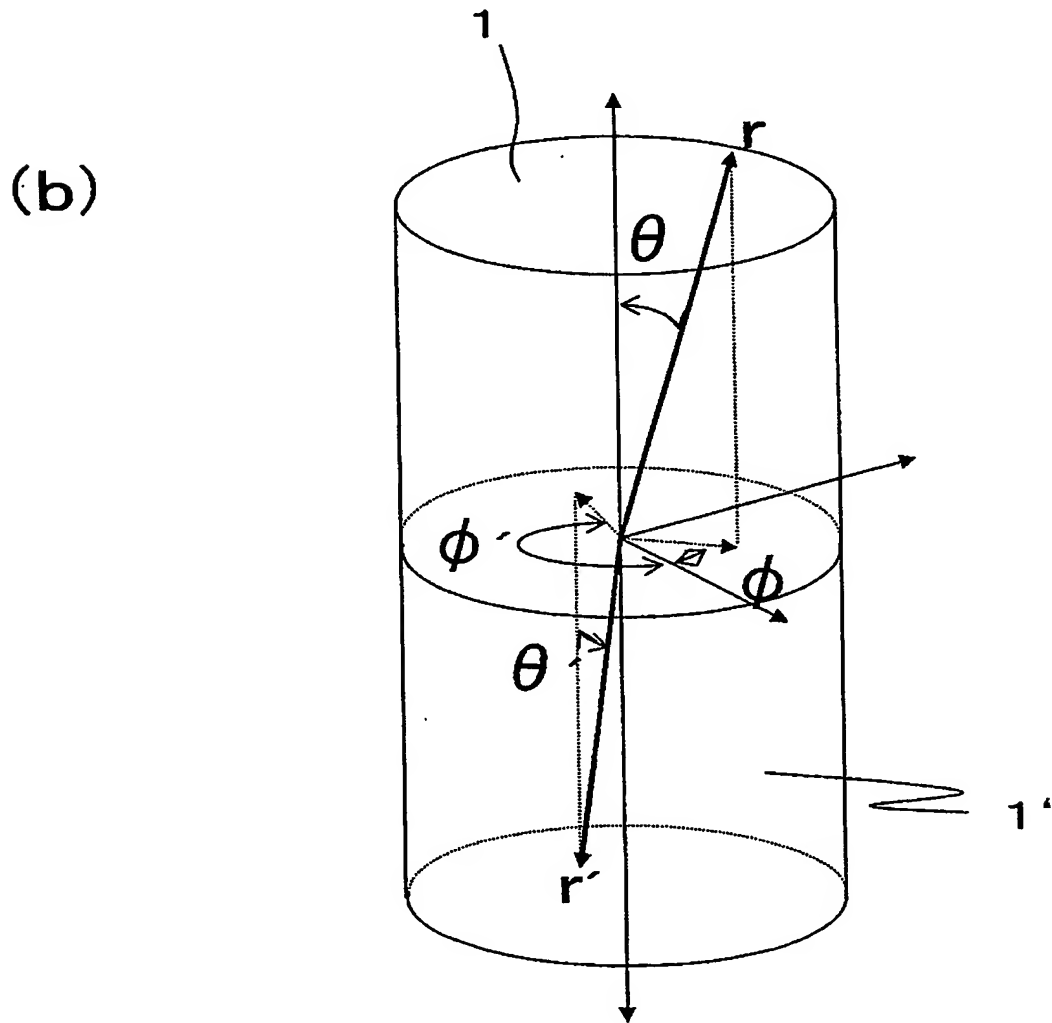
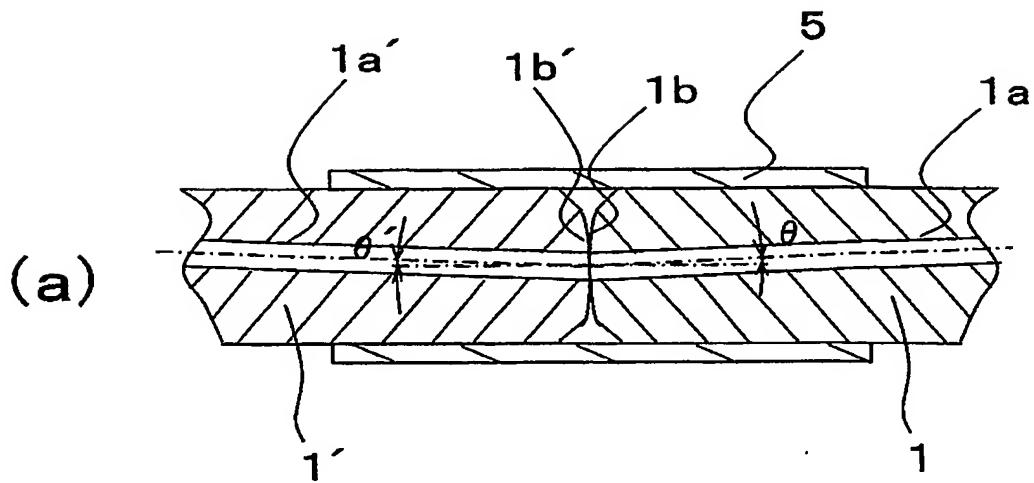
【図 2】



【図 3】

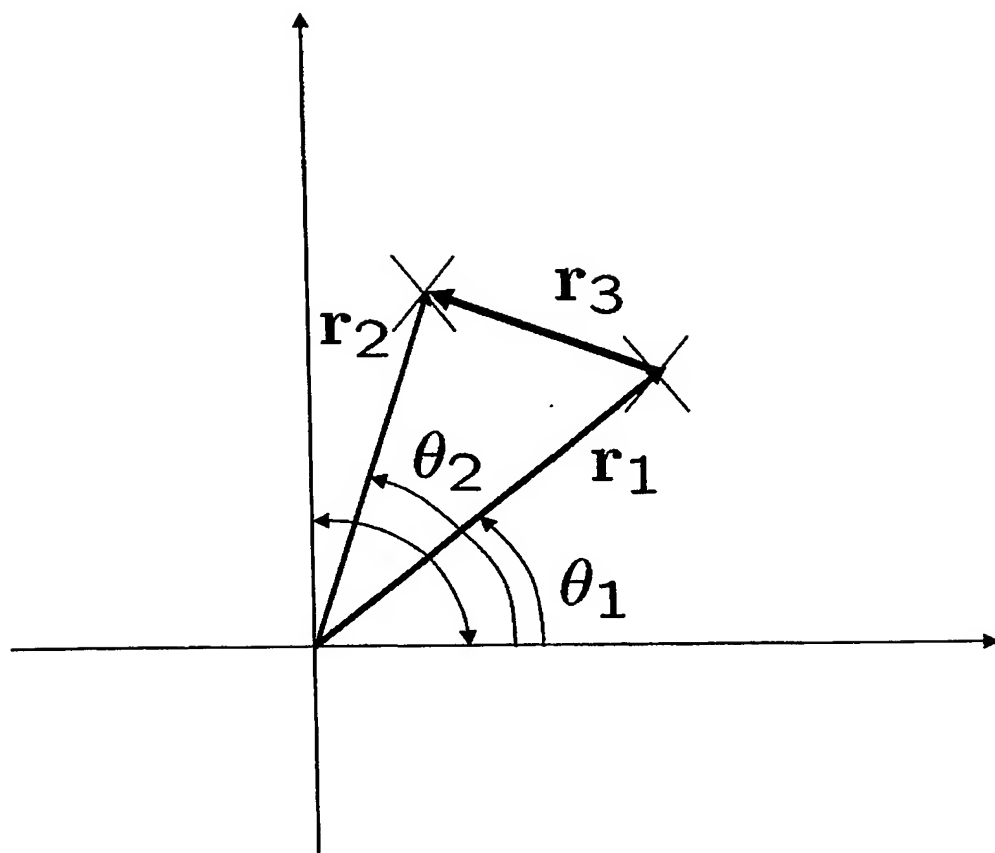


【図 4】

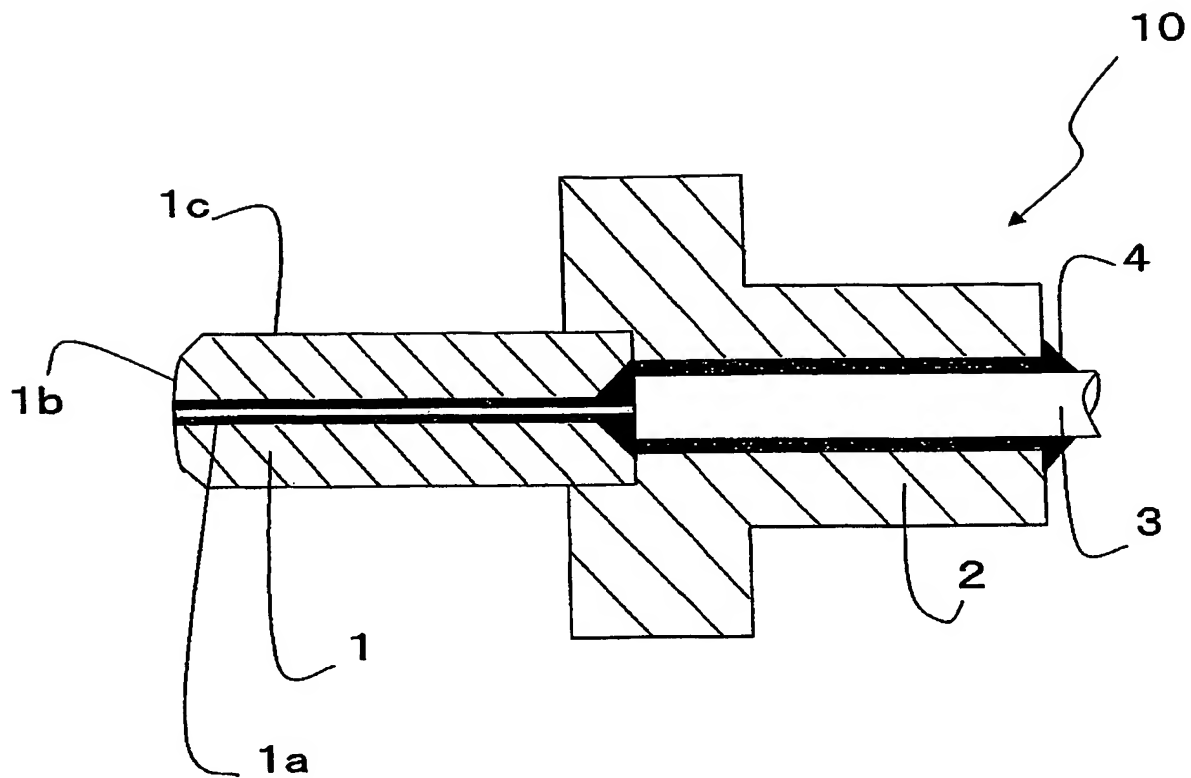




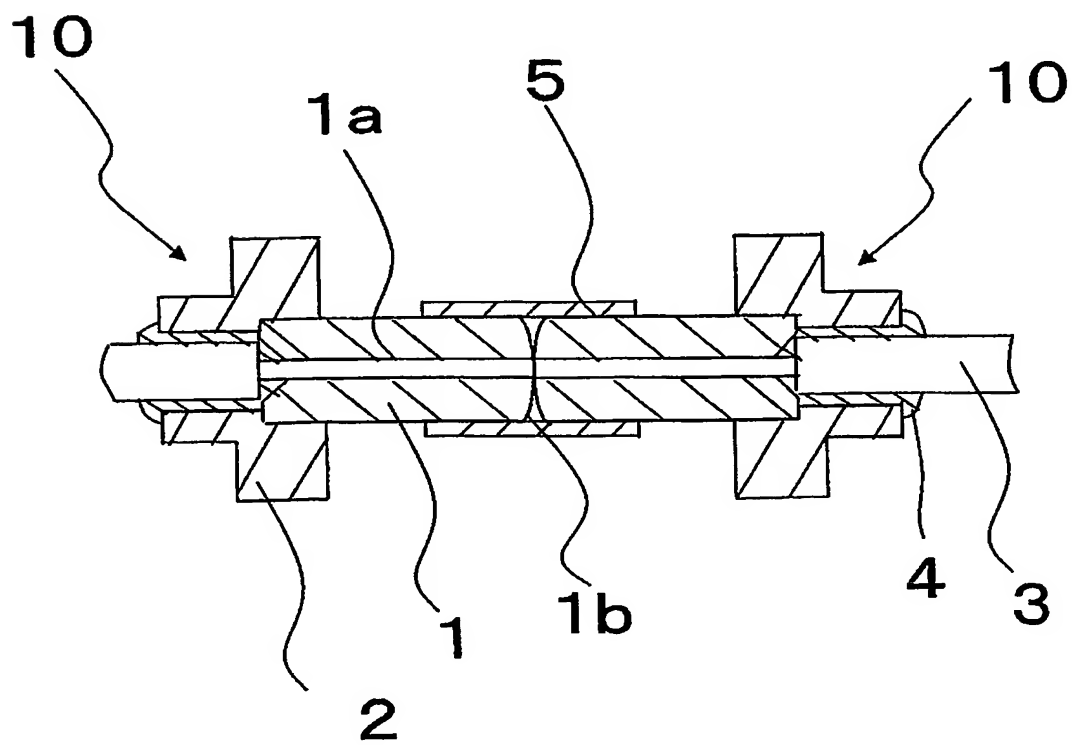
【図 5】



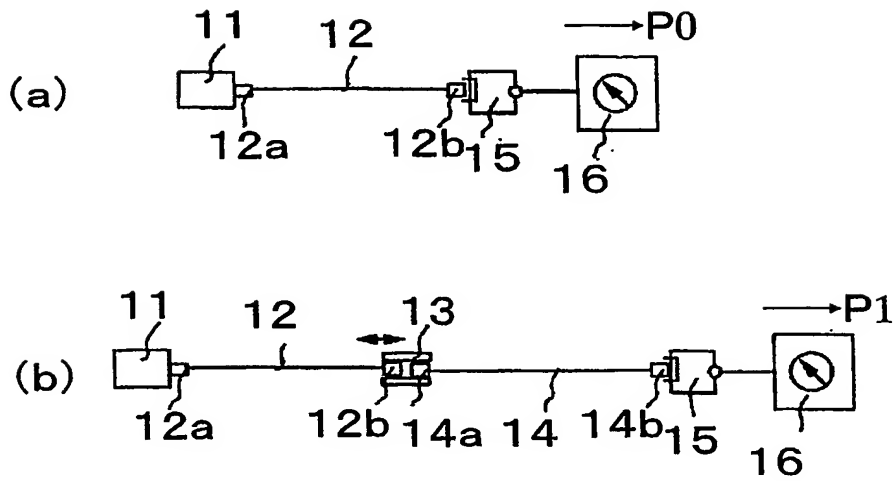
【図 6】



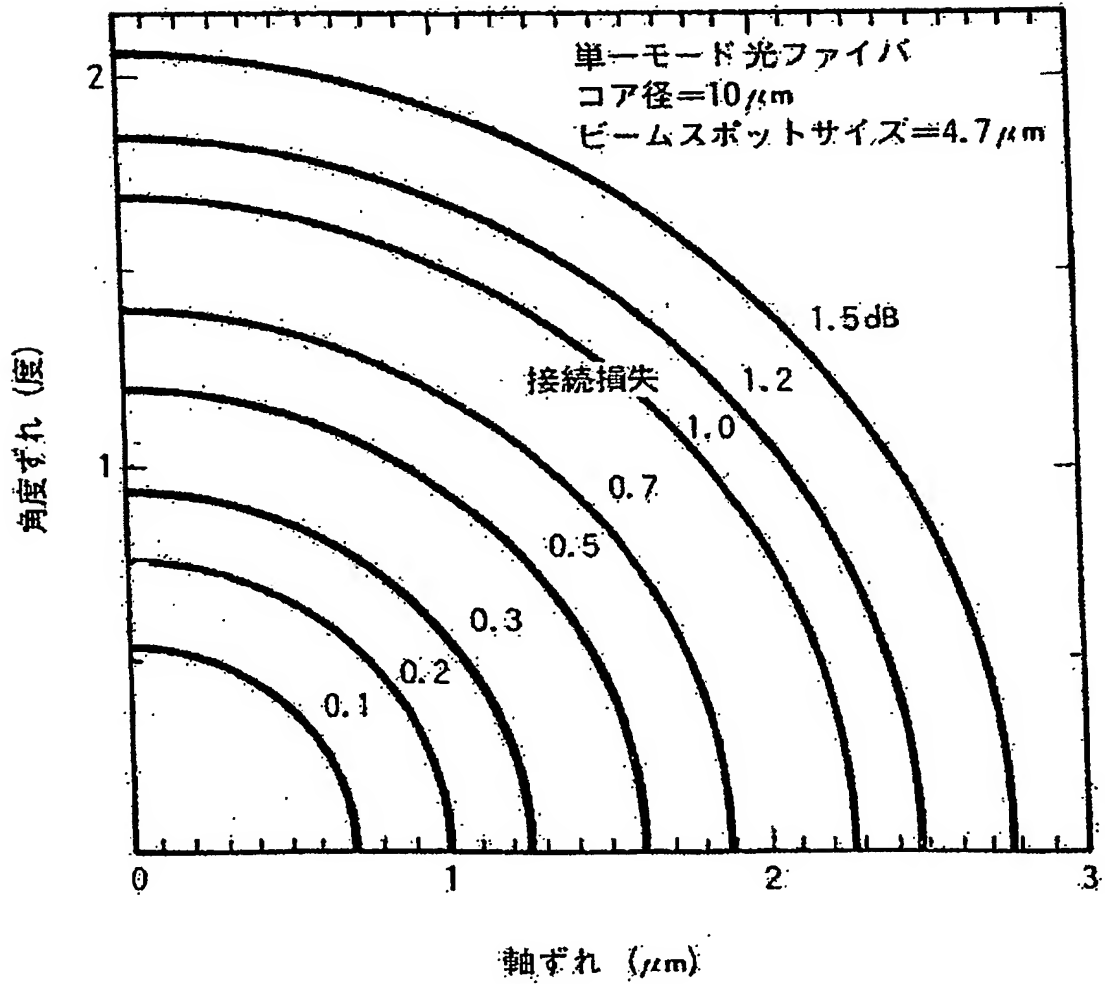
【図 7】



【図 8】



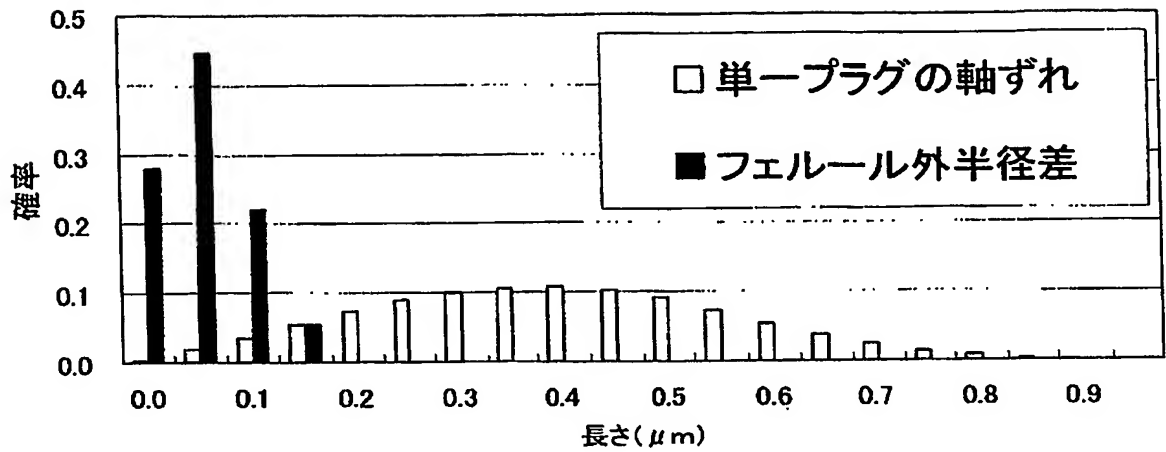
【図 9】



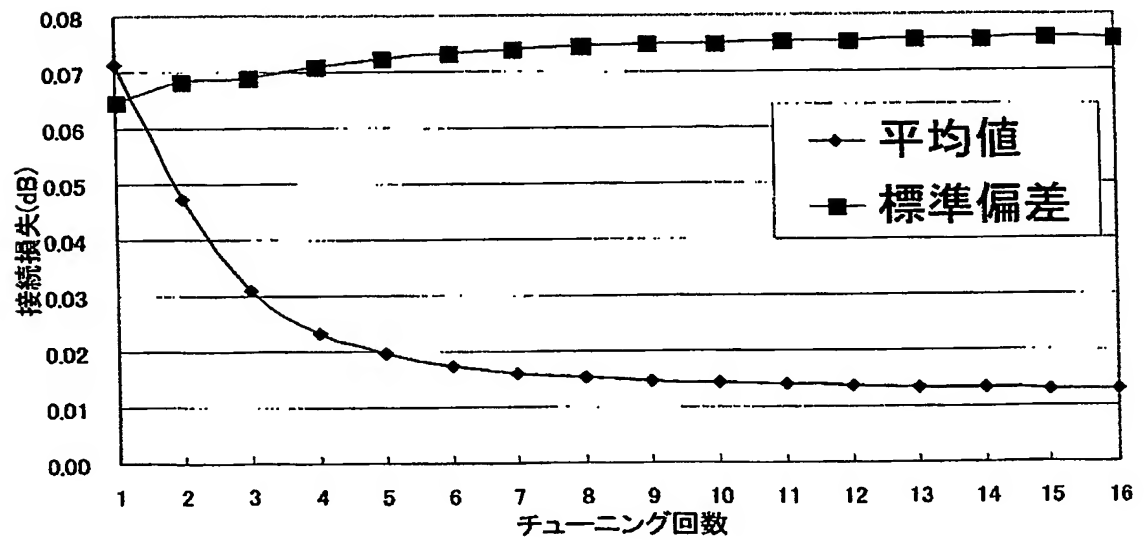
【図10】

(a)

寸法パラメータ分布



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 多大な工数と経費を要しないで容易に接続損失の分布データを得る。

【解決手段】 長手方向に貫通孔を有するフェルールとそれに挿入された光ファイバから成る単一プラグの軸ずれの分布データと、フェルールの外径の分布データから、単一プラグの軸ずれの方向を揃える手法であるチューニングを行なった場合の接続状態での軸ずれ量の  $n$  次モーメントを計算し、そこから接続損失の  $n$  次モーメント計算する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 9 4 8 1 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 6 6 3 3 ]

1 . 変更年月日 1 9 9 8 年 8 月 2 1 日

[変更理由] 住所変更

住 所 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地  
氏 名 京セラ株式会社